

**Area de Interes dentro del congreso**

**PROCESAMIENTO DE SEÑALES**

# Sistema automatizado de medición de campo lejano

*A.C. Cecilia Morras<sup>1</sup>, A.C. Cecilia De Vito<sup>2</sup>, Ing. Juan José Larrarte<sup>3</sup>  
Ing. Juan Aurelio Sanz<sup>4</sup>, Lic. Rodolfo Bertone<sup>5</sup>, Ing. Oscar Bría<sup>6</sup>*

III-LIDI<sup>7</sup> - Facultad de Informática - UNLP  
IAR<sup>8</sup>

## Resumen

El trabajo presenta y describe una propuesta para la definición de un sistema automatizado que permita generar mediciones de un campo lejano. Se entiende por campo lejano a la región del campo de una antena en la cual la distribución angular del campo es sensiblemente independiente de la distancia de la antena [12].

El problema en cuestión consiste en medir las polarizaciones de una antena en una banda de frecuencia. Dicha medición era realizada en forma manual, pudiéndose obtener un Diagrama de irradiación con una resolución angular de 5°. Debido a la necesidad de medir antenas con un lóbulo principal muy angosto, cercano a 0,04° de resolución angular y a la demanda de una considerable cantidad de mediciones por día, surge la necesidad de automatizar el sistema de campo Lejano.

El trabajo que se presenta consiste en implementar un modelo para el sistema de medición, basado en la instrumentación virtual. El sistema propuesto consta de tres bloques funcionales: adquisición de datos, análisis o proceso de estos datos y presentación de la información.

## Palabras Clave

Simulación Informática – Procesamiento de señales - Control Automático - Campo Lejano

---

<sup>1</sup> Becaria IAR – [cecilia@iar.unlp.edu.ar](mailto:cecilia@iar.unlp.edu.ar)

<sup>2</sup> Ayudante Diplomada – Facultad de Informática UNLP – [cdevito@lidi.info.unlp.edu.ar](mailto:cdevito@lidi.info.unlp.edu.ar)

<sup>3</sup> Ingeniero Electrónico IAR– [juanjo@iar.unlp.edu.ar](mailto:juanjo@iar.unlp.edu.ar)

<sup>4</sup> Ingeniero Electrónico IAR– [sanz@iar.unlp.edu.ar](mailto:sanz@iar.unlp.edu.ar)

<sup>5</sup> Profesor Adjunto DE – Facultad de Informática UNLP – [pbertone@lidi.info.unlp.edu.ar](mailto:pbertone@lidi.info.unlp.edu.ar)

<sup>6</sup> Profesor Adjunto DE – CONICET– Facultad de Informática UNLP – [onb@lidi.info.unlp.edu.ar](mailto:onb@lidi.info.unlp.edu.ar)

<sup>7</sup> Instituto de Investigación en Informática – Facultad de Informática – Calle 50 y 115 – La Plata – Buenos Aires TE +54 221 4227707.

<sup>8</sup> Instituto Argentino de Radioastronomía – Camino General Belgrano Km 40 Parque Pereyra Iraola – Berazategui – Buenos Aires TE +54 2214254909 , +54 221 4824903.

## Introducción

La Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), está desarrollando un nuevo satélite de manufactura argentina. Se trata del SAOCOM 1-A que constituye una nueva generación de satélites para la observación de la Tierra, con instrumentos que operan en el rango de microondas y dispone de sensores activos (radar).

El SAOCOM 1-A tendrá a bordo un radar de microondas de banda L (1.3 GHz) y una cámara de infrarrojo térmico. El radar es del tipo de apertura sintética, “SAR-Synthetic Aperture Radar”, y emitirá señales de alta potencia en la banda de microondas a través de una antena gigante de 2,5m por 10m; su resolución espacial será de 10m y podrá penetrar hasta dos metros de profundidad. Estas características permitirán aportar información sobre la humedad de los suelos y la estructura geológica; mientras que la cámara de infrarrojo permitirá detectar incendios y erupciones. Sumadas estas capacidades se dispondrá de un satélite con excelentes prestaciones para la gestión de emergencias y monitoreo de los recursos naturales [11].

El Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR) está trabajando en la construcción de los prototipos de la antena del radar que controlará dicho satélite. Como todo dispositivo que debe cumplir sus funciones en el espacio está sujeto a especificaciones y requerimientos muy exigentes. Fundamentalmente esta exigencia se encuentra asociada al amplio rango de trabajo en que deben mantenerse sus especificaciones dentro de las bandas de tolerancia. En el caso particular de la antena, interesa conocer con mucha exactitud y precisión su impedancia, diagrama de irradiación para ambas polarizaciones, ganancia, ancho del haz, ancho de banda, aislamiento de polarización y estabilidad con la temperatura, entre otros.

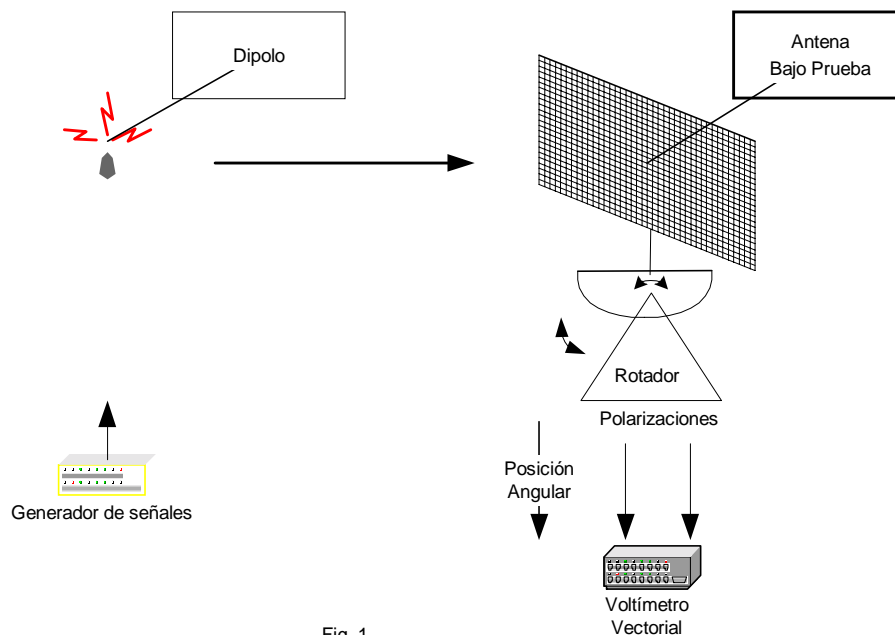


Fig. 1

Paralelamente al esfuerzo profesional que implica el desarrollo de un componente que se encuentra en el “estado del arte”, surge la necesidad de establecer un sistema de medición que permita verificar los parámetros característicos antes mencionados. En el caso especial del diagrama de radiación se deberá implementar un Sistema de Medición de Campo Lejano que dará como resultado el patrón de campo lejos de la antena [9]. Este sistema está constituido por dos antenas: la primera conectada a un generador de señal, el cual proporciona la señal en la banda de frecuencia en que se debe realizar la medición [10]. La antena emisora (primera) se encuentra ubicada a una distancia relacionada con la longitud de onda de operación de la antena bajo estudio (antena receptora), que garantice su comportamiento en el campo lejano; mientras

la antena bajo estudio se ubica en una plataforma que debe girar 360° y se encuentra conectada a equipos electrónicos, que registran la posición angular, los vectores de polarización y realizan el tratamiento de la señal. La Fig. 1 muestra un esquema simplificado del sistema descrito anteriormente.

## Descripción del Problema. Instrumental

La mayoría de los instrumentos de Laboratorio, constan de una Interfase llamada GPIB (General Purpose Interface Bus) [1.3] [5]. Esta interfase especifica los estándares utilizados en la comunicación entre instrumentos y controladores. Un controlador puede ser una PC, la cual es la encargada de dirigir y sincronizar el tráfico de información necesario en el monitoreo de instrumentos. El Sistema de Campo Lejano está siendo implementado utilizando esta tecnología.

Como se indicó anteriormente (Fig. 1) el instrumental del problema está relacionado con cada antena (emisora y receptora). Se describe a continuación el comportamiento de dicho instrumental relacionado primero con la antena receptora y posteriormente el relacionado con la antena emisora.

### Antena Receptora

La antena receptora está conectada al siguiente instrumental: una computadora personal (PC) con una tarjeta controladora GPIB para establecer, por medio de comandos de programa, comunicación con los equipos voltímetro vectorial HP 8508A, que registra los vectores de polarización de la antena y un Medidor de Potencia HP 438A, quien registra la intensidad de la señal de la antena. La conexión de la tarjeta GPIB con los instrumentos es a través de cables GPIB, según se presenta en el gráfico siguiente:



Cuando se establece la comunicación se inicializan los registros internos de los instrumentos a un estado conocido, se establecen los parámetros de lectura necesarios para la obtención de los datos del diagrama de irradiación de la antena y para corroborar el envío de una señal constante, sin variaciones, por parte de la antena de referencia a la antena a medir.

A continuación se comienza con la lectura/escritura de los instrumentos. Cada acción realizada, cambia el estado interno del instrumental, dejando registro, en caso de presentarse, sobre errores e inconvenientes surgidos en la lectura o escritura de información recibida. Los registros de estado son utilizados para decidir como actuar en cada caso, en función a la información recibida.

El ciclo de lectura de los datos es realizado cada 130 ms (milisegundos), siendo este valor la cota establecida por el tiempo de lectura simultáneo de los instrumentos. El valor (130 ms) surge de realizar pruebas de velocidad de respuesta del instrumental utilizado. En el caso del voltímetro vectorial HP 8508A, la lectura de información se realiza en dos pasos: escritura de un comando que indica el parámetro a obtener y la lectura propiamente dicha. La primera fase insume 10 ms, mientras que la segunda es variable entre 30 y 120 ms. Como se necesita

garantizar un desplazamiento angular constante, compatible con la resolución requerida, se toma la peor situación, 130 ms.

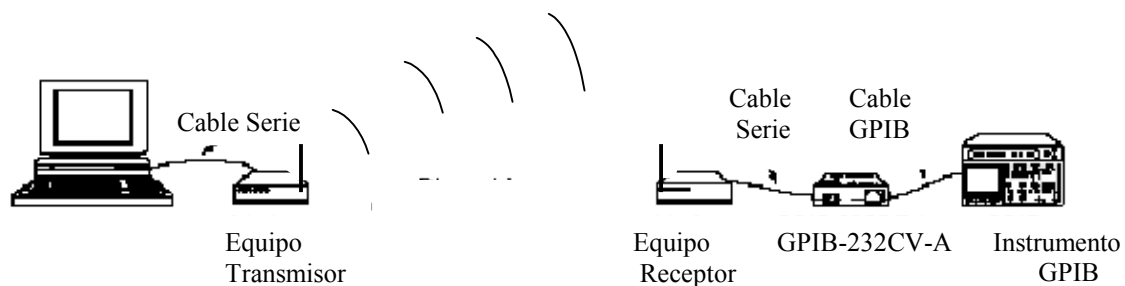
Por otra parte, el medidor de potencia necesita de 100 ms en cada lectura. En este caso el instrumento puede ser configurado al comienzo indicándole el parámetro que debe devolver ante cada interrogación, por lo cual el tiempo requerido consiste únicamente de la operación de lectura. Esta operación se realiza en paralelo con la anterior.

Esta velocidad de adquisición es compatible con el objetivo de obtener una resolución angular de  $0.04^\circ$  toda vez que la velocidad angular del rotador, que sostiene a la antena bajo estudio, posee un amplio rango de ajuste. Sin embargo, pequeñas inestabilidades mecánicas y la pérdida de sincronismo con la transmisión de datos entre la PC y el encoder provocan llevar al  $0.08^\circ$  la resolución angular.

### Antena Emisora

Los parámetros de frecuencia y amplitud del generador de señales, y que luego son transmitidos por la antena emisora, son controlados remotamente a partir de comandos enviados desde la PC.

Para efectuar la medición, se decidió comunicar la PC con el generador de señal a través de un enlace por aire, básicamente debido a la imposibilidad (costo y pérdida de señal) de efectuar un cableado. Para esto se requirió de los siguientes elementos: (como lo muestra el gráfico siguiente)



- Un equipo transmisor conectado a un puerto serie de la PC mediante la interfase RS-232 [1.1] [1.2] [2] [3] [4].
- Un equipo receptor ubicado aproximadamente a 100 metros de la PC, conectado a un convertidor GPIB a través de un cable serie. El convertidor GPIB traduce comandos seriales a comandos GPIB. Este convertidor se conecta a su vez al generador de señales HP 8590D mediante un bus GPIB.

Debido a que se necesita probar la antena receptora sobre diferentes frecuencias, es importante establecer la configuración del emisor para poder efectuar las mediciones requeridas. Así, el programa de aplicación debe utilizar un puerto serie de la PC y configurarlo para sincronizarse en forma correcta con los equipos transmisor y receptor y el convertidor GPIB. Una vez realizada esta operación, se está en condiciones de establecer comunicación con el generador de señales. Los comandos de amplitud y frecuencia son enviados a través del protocolo de comunicación RS-232 al equipo transmisor [6.4]. El equipo receptor recoge los datos y los envía al convertidor GPIB, quien traduce los comandos seriales a comando GPIB para que el generador de señales pueda entenderlos.

## Rotador

Como se ha expresado en los párrafos precedentes, la antena bajo estudio, receptora, se monta sobre un dispositivo conocido con el nombre de rotador. Su principal función es servir de montaje de la antena receptora, antena bajo estudio, y proveer el movimiento angular necesario que permita obtener su diagrama de irradiación a lo largo de los 360°. De este modo se puede obtener información de la forma del lóbulo principal y de los lóbulos secundarios.

La exactitud en el diagrama está dada por la exactitud con que se puede resolver la posición angular, la precisión en los movimientos del rotador y el juego libre en su sistema mecánico.

La resolución angular está íntimamente relacionada con la adquisición de la posición angular que en casos donde se requiere alta resolución, como el sistema bajo estudio, se resuelve con codificadores angulares o “encoders”. Un “encoder” es un transductor rotativo que traduce un movimiento angular en señales eléctricas y se los puede encontrar de dos clases: incrementales y absolutos. Los encoders incrementales generan pulsos digitales, donde el número de pulsos por vuelta puede ser una medida de la velocidad, posición o longitud. En cambio en los “encoders” absolutos cada posición se corresponde en forma inequívoca con un patrón perteneciente a un código. En el caso bajo estudio se utilizó un encoder absoluto de 13 bits que permite obtener una resolución angular de  $360^\circ/2^{13}$ ,  $(360/8192)$ , es decir, del orden de  $0.044^\circ$ .

Por otra parte se debe tener en cuenta que para obtener la resolución angular, requerida por el sistema y garantizada por la hoja de datos del encoder, se debe controlar la velocidad de adquisición y la velocidad angular del rotador. La primera está fijada en 130 ms según se expresó en el párrafo dedicado a la antena receptora. Entonces para obtener la resolución angular requerida se debe controlar la velocidad angular que se encuentra relacionada con la velocidad de adquisición y la resolución angular a través de la siguiente expresión:

$$\Delta\theta = w \cdot \Delta t_s$$

donde

$\Delta\theta$ : resolución angular [°].

w: velocidad angular [°/seg]

$\Delta t_s$ : velocidad de adquisición[seg]

En el caso bajo estudio se obtiene que la velocidad angular debe ser de  $0.34^\circ/\text{seg}$  ( $\sim 0.05$  rpm). A tal fin, el rotador ofrece la posibilidad de variar la velocidad y su sentido de giro. En el caso del sistema propuesto se ha desarrollado una interfase entre la PC y el rotador a partir de la cual se puede obtener la información de posición leyendo el encoder y se controla la velocidad y el sentido de giro actuando sobre el servo control disponible en el rotador.

## Requerimientos del Problema.

Es importante en esta sección considerar los requerimientos generales y particulares que el sistema de simulación deberá contemplar a fin de comprender en detalle el trabajo realizado.

Primeramente, se debe utilizar el instrumental disponible actualmente en el IAR. Estos instrumentos son relativamente lentos, si se tiene en cuenta su tiempo de respuesta en comparación con el instrumental actual en el mercado. Las interfases de los instrumentos

también están limitadas en su tiempo de respuesta. Esto genera limitaciones (*constraints*) muy rígidas en el sistema de simulación.

Además, el problema presenta las siguientes restricciones/requerimientos, considerando la necesidad de medir con una exactitud de entre  $0.04^\circ$  y  $0.08^\circ$  la posición angular. La restricción inicial intentó llegar a una exactitud de  $0.04^\circ$  pero este valor es muy difícil de obtener debido al instrumental disponible, aceptando la cota de  $0.08^\circ$ . Entonces los requerimientos serán:

- Realizar aproximadamente 3600 mediciones por sesión.
- Los datos obtenidos corresponden a dos palabras de 16 bits (1 word) para los vectores de polarización y otros 16 bits (1 word) para la posición del codificador angular (“encoder”) resultando en 10.800 palabras de 16 bits.
- Realización de mediciones en ambos sentidos de giro del rotador con el fin disminuir los errores de posición y control de la velocidad.
- Considerando 10 sesiones de medición diarias resulta en la recolección de aproximadamente 200 Kwords.
- La información debe estar disponible en formato que permita ser procesada posteriormente mediante un programa de CAD (*Computer Assisted Design*) electrónico.

## **Trabajo realizado. Estado de Avance**

La primera fase del problema consistió en comprender el comportamiento del Hardware disponible y de las necesidades básicas del personal del IAR respecto de las mediciones a realizar. El segundo paso fue comprender la tecnología GPIB la cual es el estándar para administrar sistemas de medición automatizados (ATE – Automatic Test Equipment) [6.1] [6.2] [6.3].

A partir de aquí, se desarrolló el software que permitió controlar y adquirir información del voltímetro vectorial HP 8508A y el medidor de potencia HP 438A a través del bus HP-IB. El desarrollo fue realizado con un entorno gráfico vinculado a la instrumentación virtual. La instrumentación virtual permite reproducir instrumentos de Hardware sobre una computadora permitiendo agregar nuevas funcionalidades.

Con una primera versión de la aplicación y del prototipo de adquisición y control, se realizaron simulaciones que permitieron obtener resultados respecto a la mejor utilización del equipo en la realidad. A partir de estos resultados se introdujeron modificaciones que permitieron solucionar estas situaciones no previstas en la etapa de desarrollo. Por ej., se presentaron situaciones donde se perdía información, debido al bajo nivel de la señal recibida. Esta situación se daba en los ceros del diagrama de antena, donde el nivel de potencia de la señal a su salida era muy bajo. En estas condiciones el voltímetro vectorial entraba en un estado de error que introducía un retardo de tiempo demasiado grande entre dos adquisiciones consecutivas. Era fundamental para el proyecto poder reconocer estas situaciones y evitar que el Hardware pase a ese estado de error y no permitir la continuidad de recepción de señal. De esta manera, los errores pasaron a ser controlados por el software e informados convenientemente.

Durante la primera fase del proyecto, el encoder descrito anteriormente no estaba disponible, de modo que la posición era calculada a partir del conocimiento del tiempo transcurrido entre muestras y la velocidad de rotación.

Una vez disponible el Encoder el problema consistió en poder administrar la información recibida. Con el objetivo de poder asociar los datos de polarización con los de

posición se desarrolló un módulo de bajo nivel escrito en lenguaje C que obtiene el dato de posición a partir de 13 bits de información recibido. La resolución obtenida a partir de 13 bits es de  $0.04^\circ$ , el percentil inferior descrito anteriormente como rango mínimo de medición. Si bien el Encoder permite esta resolución, tanto el voltímetro como el medidor de potencia no podían procesar información con esta resolución, lo que llevó la resolución angular a los  $0.08^\circ$  mencionados.

A esta altura el encoder planteaba un requerimiento muy exigente para el software de alto nivel [8]. Era necesario generar pulsos con un ancho máximo de  $6\ \mu\text{s}$  que le servirían de reloj a la transmisión serie. Para poder alcanzar este requerimiento se debió desarrollar un módulo de software que contemplara el manejo directo de los registros de la interfase PCI instalada en la PC. Este acceso directo se logra incorporando técnicas de paginación de memoria física en el espacio de memoria virtual del proceso. Esta información se encuentra disponible en un informe técnico desarrollado [7].

## **Resultados obtenidos / esperados/ conclusiones:**

A partir del desarrollo realizado, se efectuaron un gran número de mediciones de simulación. Con los resultados obtenidos se logró mejorar el prototipo de la antena receptora. Para el IAR el desarrollo de estos prototipos resulta de vital importancia, dado que a partir de ellos se está construyendo la antena receptora del satélite SAOCOM 1-A.

Además, con los resultados que se obtuvieron y que se siguen realizando el IAR adquiere experiencia para futuros trabajos que el Instituto pueda desarrollar. En particular, está la posibilidad concreta de nuevos desarrollos vinculados a otros programas de la CONAE.

Respecto al trabajo futuro, las necesidades del IAR llevan a establecer las siguientes tareas como prioritarias para incorporarlas al prototipo:

- Controlar la velocidad del rotador con el objeto de poder ajustar la resolución angular.
- Comandar en forma remota la rotación de la antena de referencia (emisora) en los ejes Horizontal y Vertical. Esto se comenzará a implementar a partir de la recepción del nuevo Hardware.
- Generación automática de reportes que permitan visualizar directamente los resultados obtenidos. En la actualidad, los datos son exportados a un programa de despliegue gráfico. Sería interesante incorporar dicha función al sistema de simulación.
- Generar una Base de Datos de mediciones realizadas. Esta BD permitirá a futuro realizar nuevas mediciones tomando como referencia parámetros de experiencias anteriores. Esto sin duda, facilitará el trabajo del personal del IAR que utilice el sistema de medida de campo lejano.



## Referencias bibliográficas:

- [1] [www.uantof.cl/facultades/csbasicas/fisica/fisica%20actual/fisica/ACADEMICOS/jkasaneva/indice\\_L.htm](http://www.uantof.cl/facultades/csbasicas/fisica/fisica%20actual/fisica/ACADEMICOS/jkasaneva/indice_L.htm)
  - [1.1] 4.3 Interfases series
  - [1.2] 4.4 Comunicaciones a través de RS-232
  - [1.3] 4.7 Interfase GPIB (IEEE-488)
- [2] [www.zator.com/Hardware/H2\\_5\\_1.htm](http://www.zator.com/Hardware/H2_5_1.htm)
  - 2.5.1 Puertos series
- [3] [www.redes.upv.es/rc1/practicas/rs232.pdf](http://www.redes.upv.es/rc1/practicas/rs232.pdf)
  - Transmisión serie RS-232
- [4] [www.learobotics.com/proyectos/cuadernos/ct1/ct1.html](http://www.learobotics.com/proyectos/cuadernos/ct1/ct1.html)
  - Introducción RS-232
- [5] [http://www.ctr.unican.es/asignaturas/instrumentacion\\_5\\_IT/GPIB0\\_03.pdf](http://www.ctr.unican.es/asignaturas/instrumentacion_5_IT/GPIB0_03.pdf)
  - Tecnología GPIB
- [6] [www.ni.com/pdf/manuals](http://www.ni.com/pdf/manuals)
  - [6.1] GPIB Hardware Guide, March 2004, 370426C-01
  - [6.2] GPIB Analyzer User Manual 371221A-01
  - [6.3] NI-488.2 User Manual, March 2004, 370428B-01
  - [6.4] Serial Hardware and Software for Windows Help, April 2004, 370447C-01
- [7] Descripción del software de control del movimiento del Rotador Orbit modelo AL-4304-1 .  
Juan José Larrarte & Cecilia A. Morras. IAR. Año 2004
- [8] Informe técnico sobre Transmisión SSI en el Encoder. Juan José Larrarte & Cecilia A. Morras. IAR. Año 2004.
- [9] Procesamiento de señales analógicas y digitales. Ambardar Ashok. Thomson Internacional. 2002
- [10] Validation of direct and indirect far-field antenna measurements at Memorial University's electromagnetic facilities. Bing Yan Saoudy, S.A. Sinha, B.P.  
Fac. of Eng. & Appl. Sci., Memorial Univ. of Newfoundland, St. John's, Nfld., Canada.  
Electrical and Computer Engineering, 1997. IEEE 1997 Canadian Conference on Meeting  
page(s): 343 - 346 vol.1.
- [11] Phaseless metrology of earth stations antennas from satellite forne sources. Kunze, A, Anderson A, Cook G, Orton R, ICAP'95. Ninth International Conference on Antennas and Propagations. Pag 149-153. vol1. Abril 1995.
- [12] An Introduction to Radio Astronomy. Bernand F. Burke & Francis Graham-Smith.  
Cambrigde University Press. Pag 12-15. 1997.